



集成电路技术



集成电路技术

- ✓ 第一讲 集成电路技术概述
- ✓ 第二讲 集成电路技术基础和模拟集成电路技术
- ✓ 第三讲 数字集成电路技术
- ✓ 第四讲 集成电路的设计、制造与测试

集成电路技术概述

- ✓ 集成电路技术的发展历史
- ✓ 集成电路技术的主要内容
- ✓ 集成电路技术的发展趋势概述

集成电路技术概述

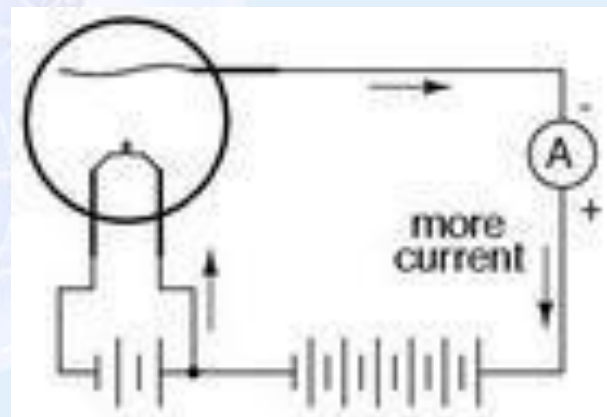
集成电路技术的发展历史

电子管 (Vacuum Tube)

在气密性封闭容器（一般为玻璃管）中产生电流传导，利用电场对真空中的电子流的作用以获得信号放大或振荡的电子器件。



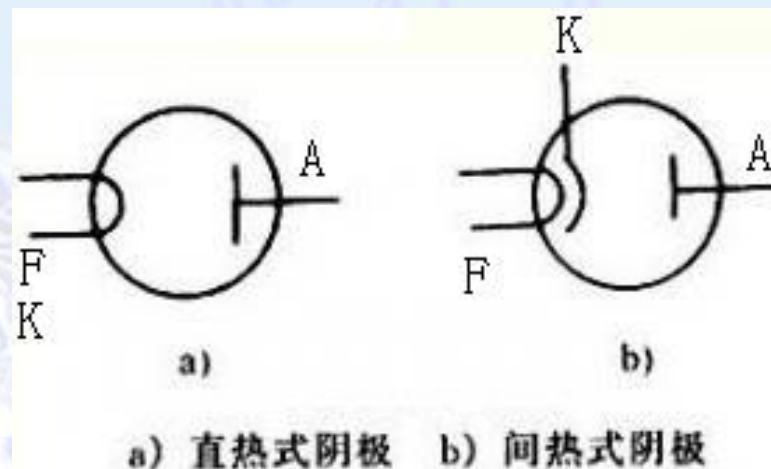
1880 爱迪生效应:



集成电路技术概述

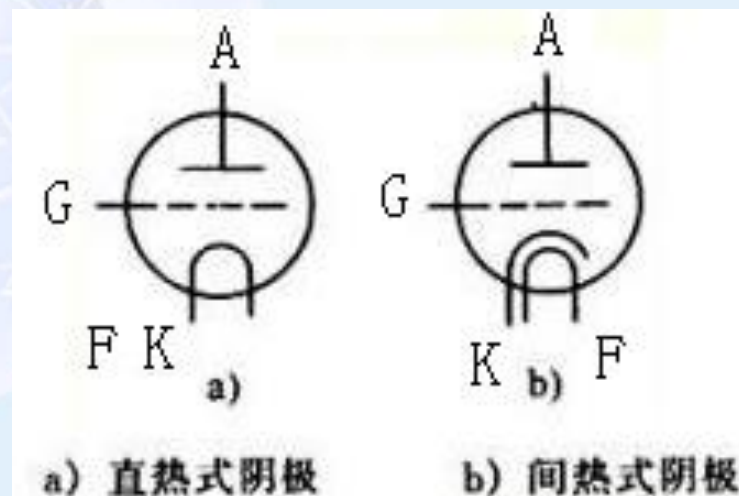
集成电路技术的发展历史

1904 英国物理学家弗莱明



1907年 美国德福雷斯特

当栅极有微弱电流通过时，就会在板极检测到较大的电流，而放大电流的波形，与栅极电流的波形一样

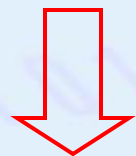


集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

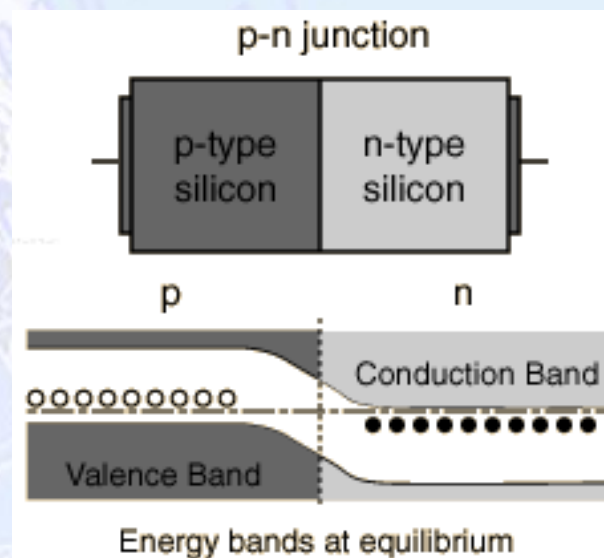
电子管：

体积大、功耗大、发热厉害、电源利用效率低、结构脆弱而且需要高压电源



半导体晶体管器件

20世纪40年代，贝尔实验室开发了第一个对集成电路来讲具有严格意义上的PN结，当该PN结暴露在光源下的时候，两端产生0.5V 的电压。

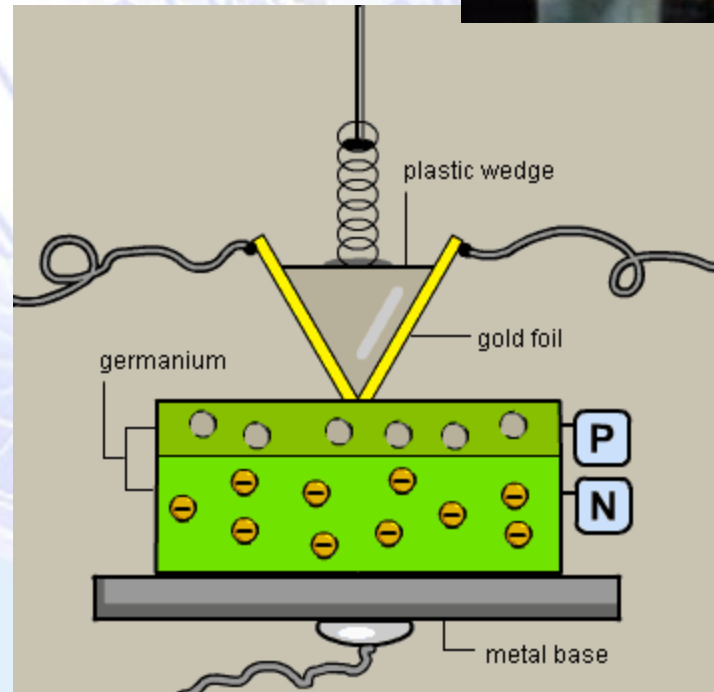


现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

晶体管的诞生:

1947年12月，美国贝尔实验室的肖克莱、巴丁和布拉顿组成的研究小组，研制出一种点接触型的锗晶体管

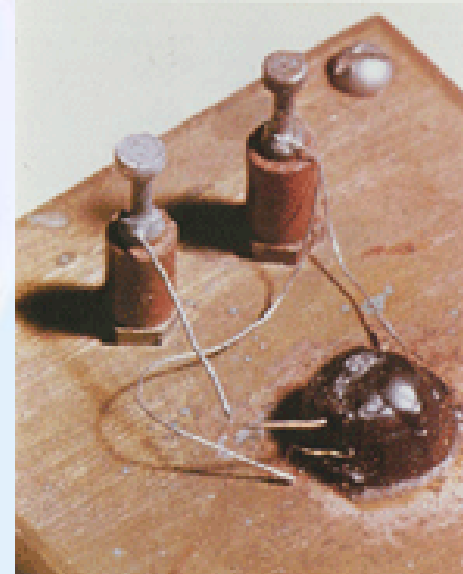
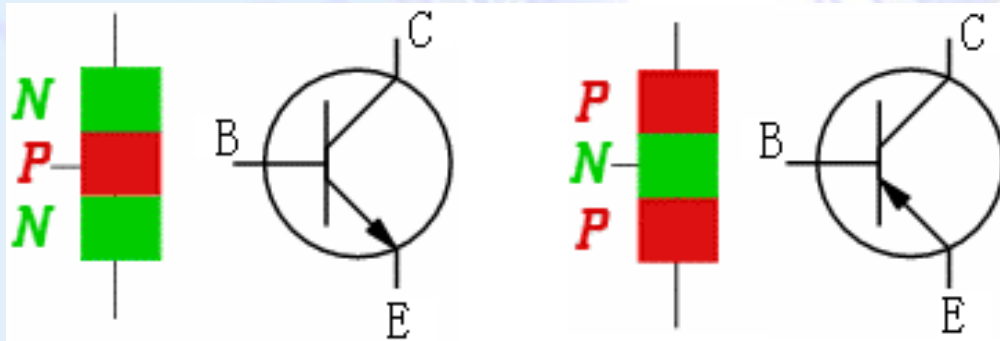


现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

结型晶体三极管：

1951年，肖克莱（William Shockley）结型晶体管技术



现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1952 单晶硅（Single crystal silicon）制造技术

硅单晶，纯度要求达到99.9999%，
是电子信息材料中最基础性材料



1954年5月10日，德州仪器（TI）发布了第一款商用的晶体管：
Grown-Junction Silicon Transistors。
晶体管通过在硅晶体表面切割一个矩形区域获得。

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1954 Bell实验室 集成电路制造工艺开发:

- ✓氧化 (oxidation) 、
- ✓光掩膜 (photomasking)
- ✓刻蚀 (etching)
- ✓扩散(diffusion)

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1954 Regency TR-1

使用4个德州仪器（TI）制造的锗（Germanium）晶体管



5"H x 3"H x 1 1/4"D

1955 场效应晶体管
(Field Effect Transistor)
问世

现代集成电路技术概述

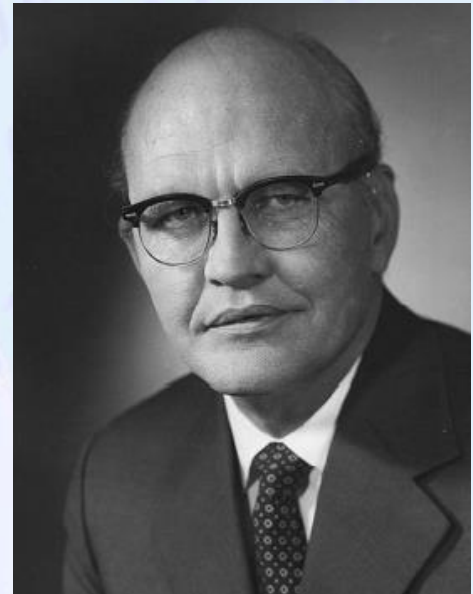
集成电路技术的发展历史

1958 Jack Kilby 第一个集成电路

使用同种材料制造电路元件，比如电阻、电容，则有可能将整个电路加工在单个片子上。



振荡电路

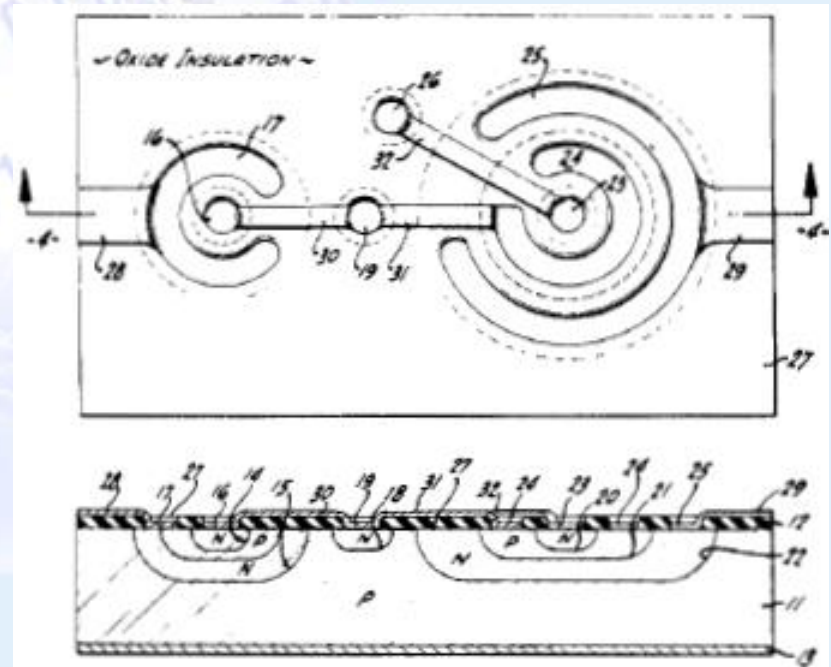
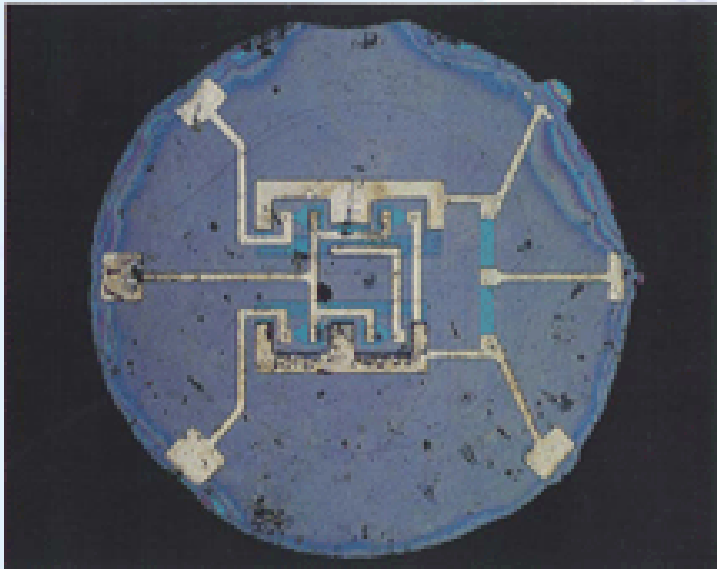


现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1959 - 平面技术（Planar technology）问世

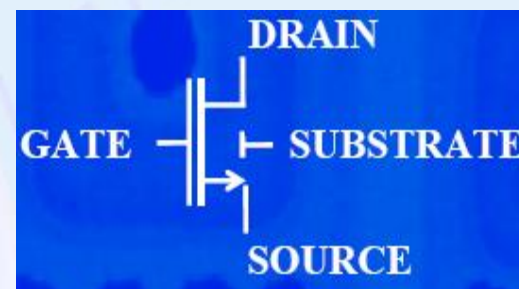
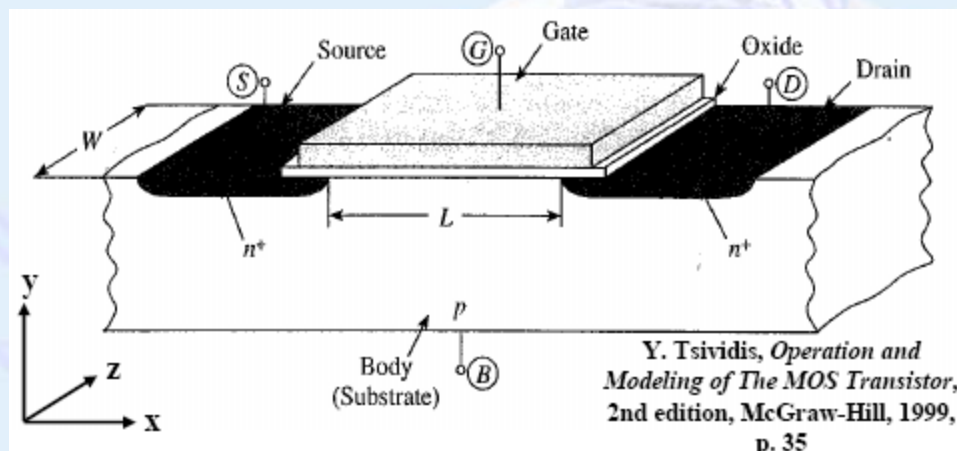
开启了复杂集成电路时代



现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1960 第一个MOSFET问世



1961 第一颗商用的集成电路（IC）问世

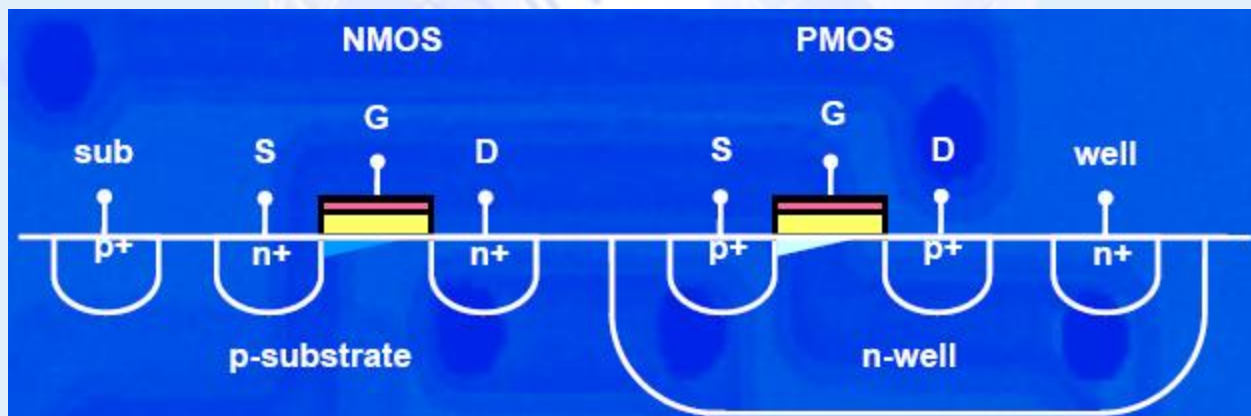
1962 - 发明TTL逻辑（Transistor-Transistor Logic）

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1963 - 第一片MOS集成电路

1963 - 发明互补型金属氧化物半导体（CMOS）



现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1964 - 1英寸硅圆片（wafer）出现

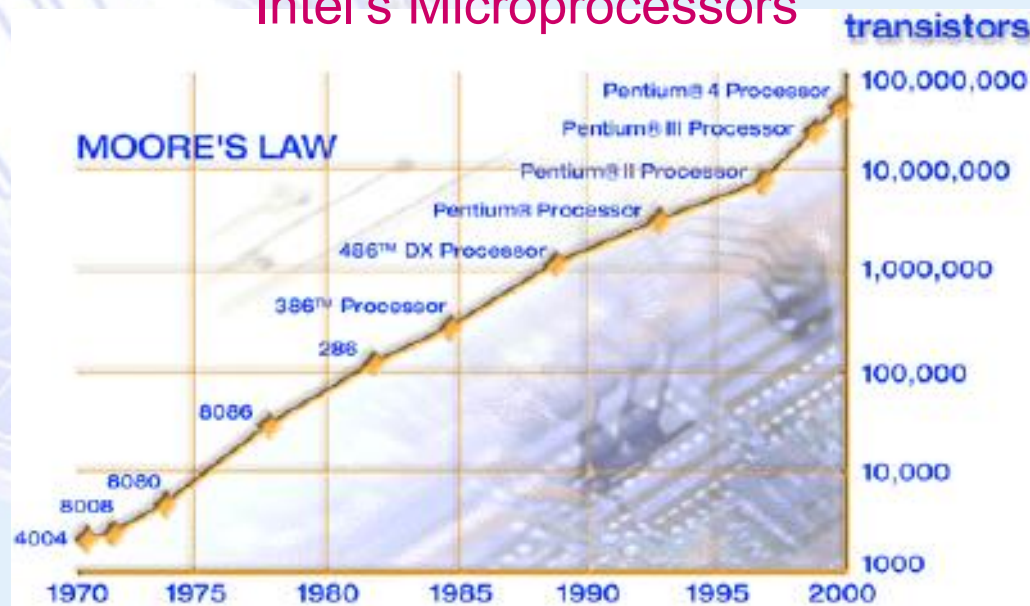
1965 - 摩尔定律（Moore's law）

Number of Integrated Circuit components will double every year

1975

Number of Integrated Circuit components will double every 18 months

Intel's Microprocessors



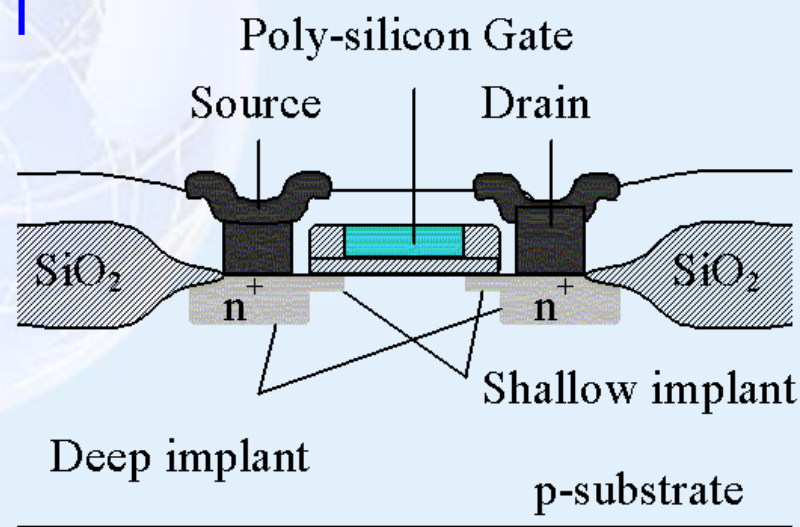
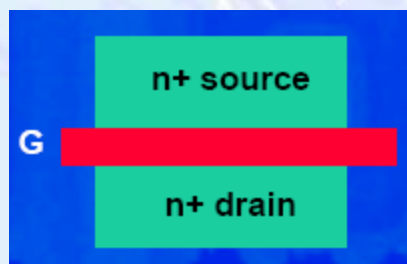
现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1965

- ✓GME: 具有600个晶体管的100位移位寄存器,
- ✓GI: 160个晶体管的21位静态寄存器,
- ✓TI: 150个晶体管的二进制-十进制 (Binary-Digital) 译码器

1966 Self Aligned Gate MOSFET

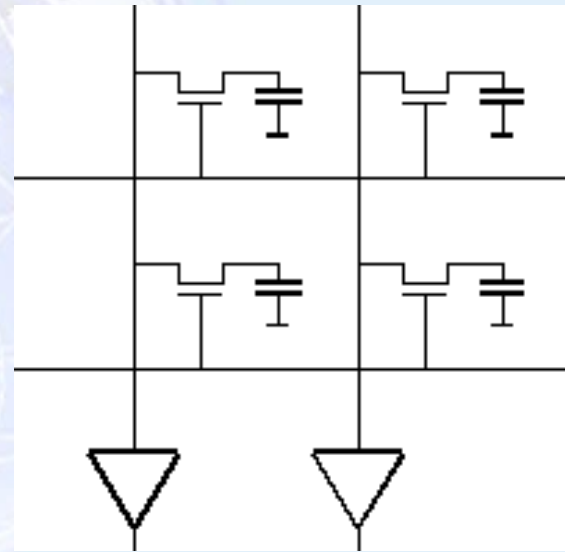


现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1966 IBM16位的双极型存储器（memory）

Dr. Robert Dennard 发明
单晶体管动态存储器
（DRAM）单元

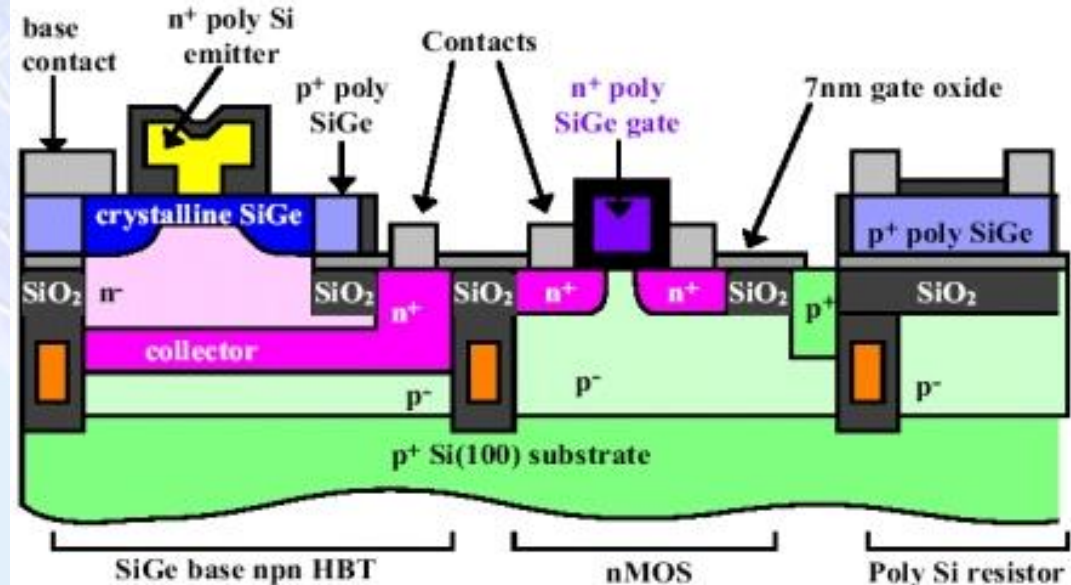


现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1969 - BiCMOS invented: Complementary
MOS-Bipolar Transistor Structure

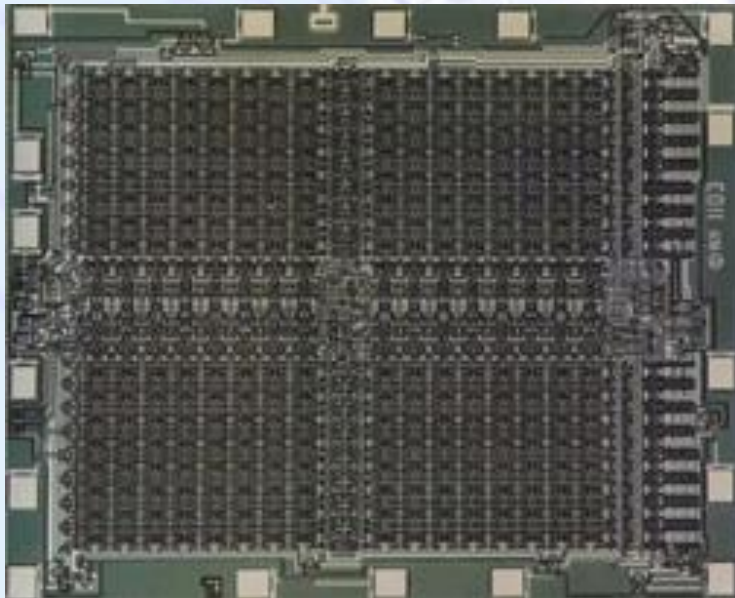
SiGe Bipolar in 0.35 μ m monolithic process



现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1970 - 首个商用的动态随机存储器（**DRAM**）：
容量1Kbits（位）

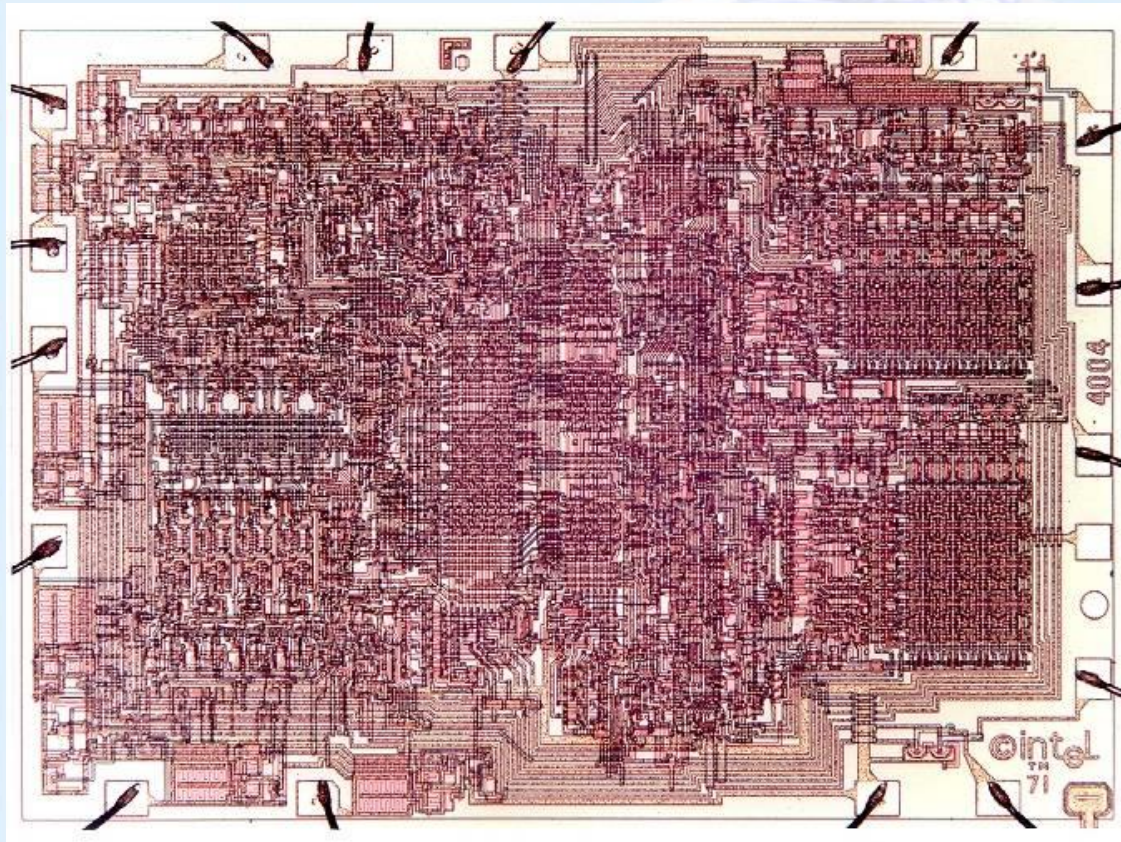


采用 $8\mu\text{m}$ 硅栅PMOS工艺，具有
 $2,400\mu\text{m}^2$ 的存储单元面积，
Die的尺寸差不多是 10mm^2

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1971 - 微处理器（Microprocessor）发明



包含3个晶片的晶片组：
具有2KBit的ROM芯片，
320Bit的RAM芯片，
一个4位的处理器。

采用16管脚的DIP封装。
4004 共使用了2,300个晶体管，适用PMOS硅栅工艺，
10 μ m的最小线宽，108KHz
时钟输入，芯片（DIE）的
面积为13.5mm²

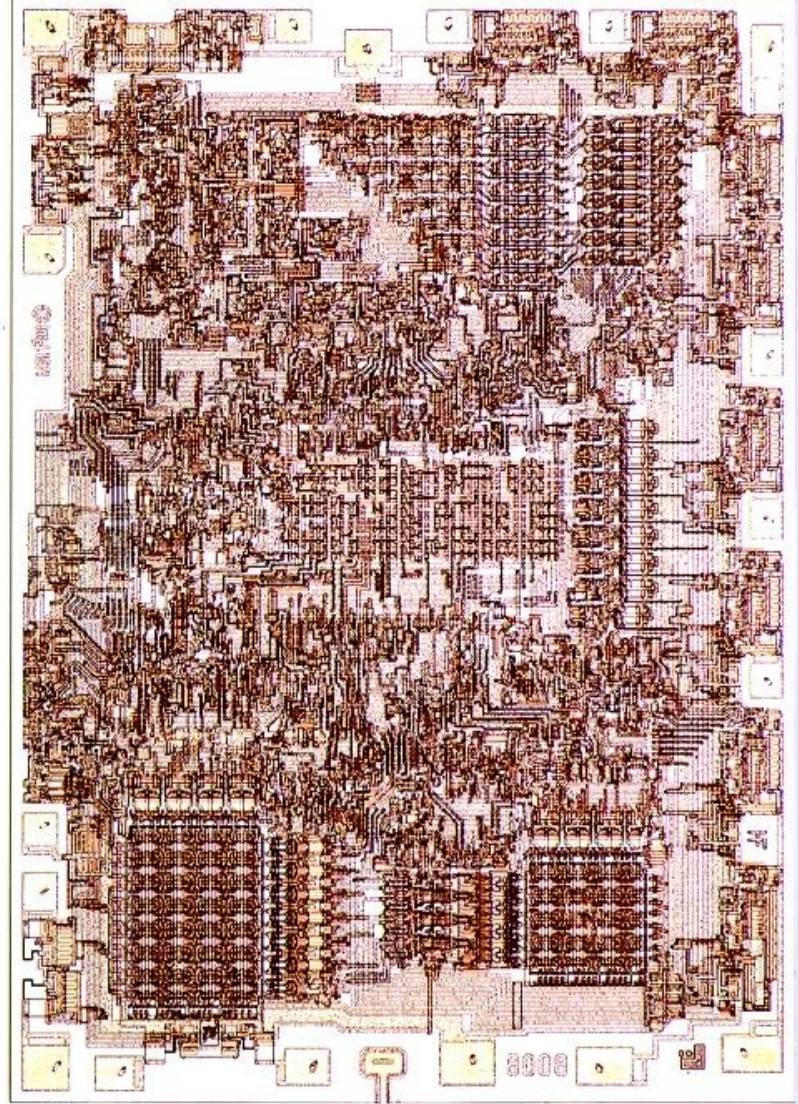
现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1972 - Intel 8008

1层多晶（Polysilicon）,1层金属层，共有3,500个晶体管，使用200KHz时钟，芯片的DIE尺寸是15.2mm²

被用于最初的家用计算机



现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1972 发明数字信号处理器 (DSP-Digital Signal Processor)

1972 MOS晶体管比例缩放特性 (MOSFET Scaling)

如果MOSFET按比例缩减时电场保持常量，则几乎其他所有的晶体管特性都有改善



终结了双极型 (Bipolar) 在集成电路领域的统治地位

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1973 发明照片放大器（Projection Printer）

SVG平板印刷技术（Lithography）

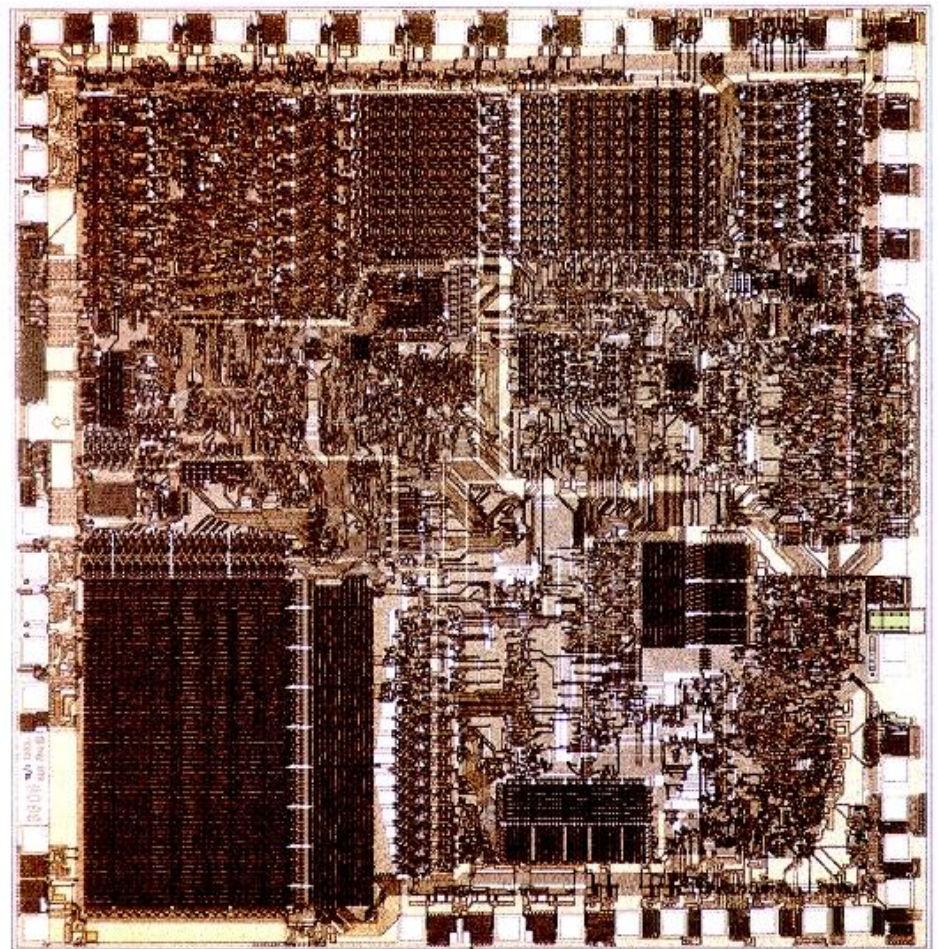
掩膜（MASK）的缺陷大大降低，集成电路的成品率有了很大的改善

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1978 - Intel 8086/8088

3 μ m的硅栅NMOS工艺，1层多晶（Polysicion），1层金属，8088/8086有29,000个晶体管，5-10MHz的时钟频率，28.6mm²的DIE尺寸



现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1976 - 16Kbit的DRAM出现

1979 - 64Kbit DRAM 出现

1982 - 256Kbit DRAM问世

1983 - CMOS工艺的DRAM问世 1 Mbit

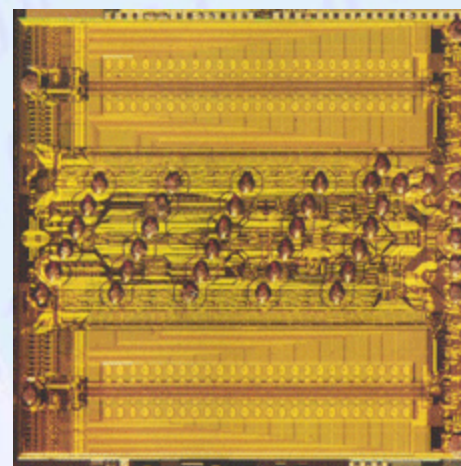
1988 - 4Mbit容量的DRAM

1991 - 16Mbit DRAM

1994 - 64Mbit DRAM

1998 - 256Mbit DRAM

...



64Kbit DRAM

DDR SDRAM 三星公司 1996

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1971 - 发明紫外擦除的电可编程存储器（UVEPROM）

1983 - 电可改写的程序存储器（EEPROM）问世

1985 - 商用的Flash存储器问世

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展历史

1970 - 2.25英寸硅园片使用

1973 - 开始使用3英寸的硅片

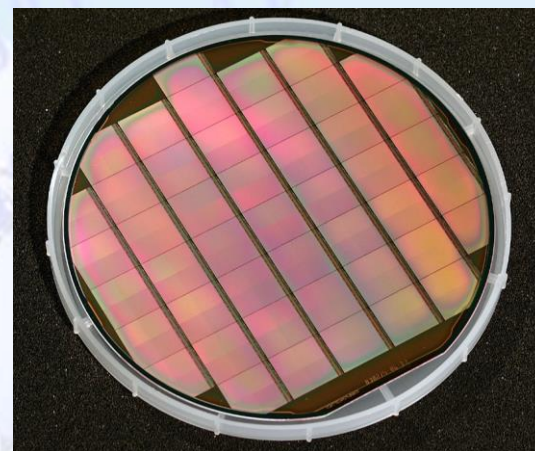
1975 - 使用4英寸的圆硅片

1979 - 5英寸的圆硅片出现

1981 - 6英寸的圆硅片开始使用

1985 - 8英寸圆硅片开始使用

1996 - 使用12英寸圆硅片



现代集成电路技术概述

集成电路技术的主要内容

主要产业：

- ✓设计业；
- ✓芯片制造业；
- ✓封装业

辅助产业：

- ✓集成电路制版业；
- ✓测试业；
- ✓半导体材料制造业；
- ✓化工材料制造业；
- ✓半导体专用设备制造业

现代集成电路技术概述

集成电路技术的主要内容

设计业：

- ✓ 整合面：包括制造、复杂度、效能、功率消耗等；
- ✓ 设计模组面：包括处理器、逻辑元件、记忆体、软件、射频(RF)、模拟/混合信号(AMS)、数字信号、微机电系统(MEMS)等；
- ✓ EDA设计方法/工具：包括设计/验证时间效率、系统层级设计、可制造导向设计(DFM)等

现代集成电路技术概述

集成电路技术的主要内容

芯片制造业:

- ✓ 新型材料;
 - ✓ 新型技术;
 - ✓ 晶圆的面积;
- 光刻, 等离子体和反应离子刻蚀, 离子注入, 扩散, 氧化, 蒸发, 气相外延生长, 溅射和化学气相淀积。

现代集成电路技术概述

集成电路技术的主要内容

封装业：考虑缩小器件尺寸和更快的操作下电子的影响

- ✓ 球栅阵列封装(BGA);
- ✓ 晶片尺寸级封装(CSP);
- ✓ 系统级封装(SiP);
- ✓ 覆晶结合技术(FC);
- ✓ 堆叠(3D Stacked);
- ✓ 晶粒软膜封装技术(COF);
- ✓ 与玻璃覆晶封装(COG)
- ✓ 传输线连接上的脉冲影响,
- ✓ 电源的干扰,
- ✓ 自感应,
- ✓ 开关噪音,
- ✓ 电磁兼容 (EMC);
- ✓ 静电防护 (ESD)

半导体器件封装已经成为将芯片功能传送到系统功能的瓶颈

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展趋势概述

技术研发主要集中在对现有技术的完善和升级

90nm技术、300mm硅片、铜互连工艺和 SOC

- ✓ 可测性设计 (DFT, design for test)
- ✓ 可制造性设计 (DFM, design for manufacture)
- ✓ IP (Intellectual Property) 核复用

市场需求左右技术发展方向

现代集成电路技术概述

集成电路技术的发展趋势概述

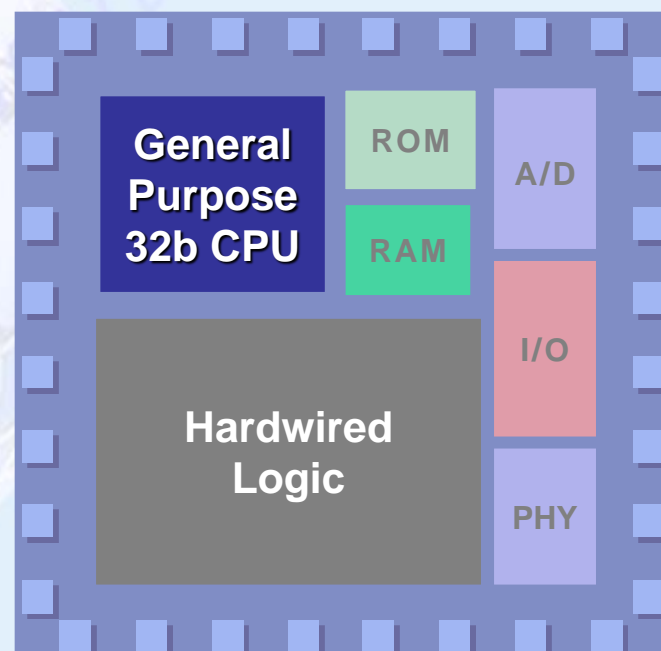
- ✓ 存储容量由G位发展到T位
- ✓ 集成电路器件的速度由GHz发展到THz
- ✓ 数据传输速率由Gbps发展到Tbps

由 **IC** 到 **SOC**

- ✓ 软、硬件的协同设计技术。
- ✓ IP模块库问题
- ✓ 模块界面间的综合分析技术

软核
固核
硬核

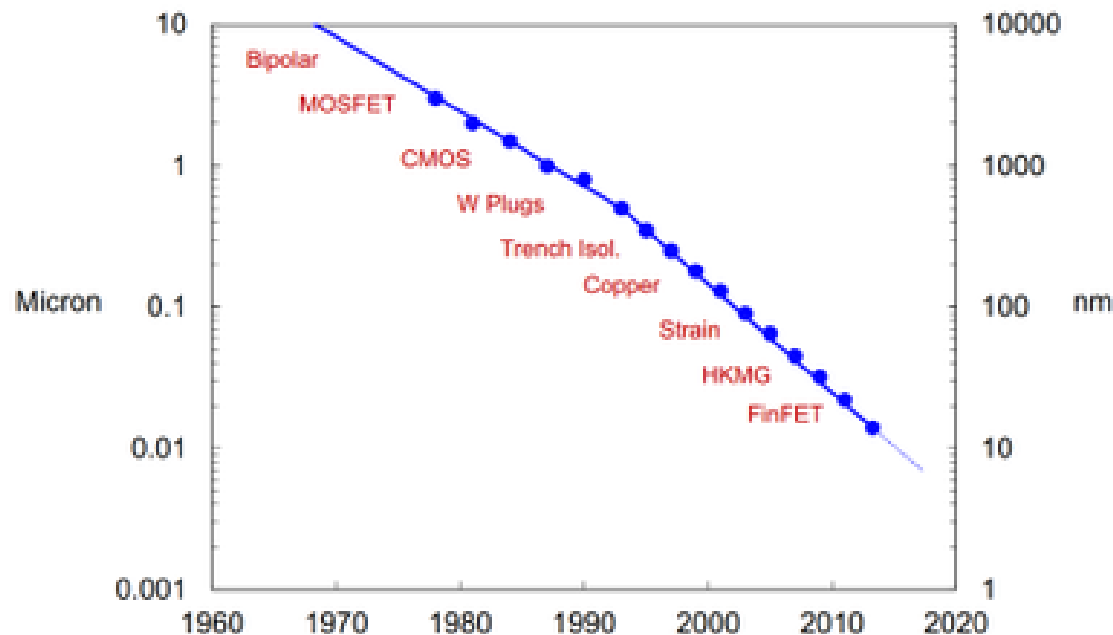
Glue logic technologies



现代集成电路技术概述

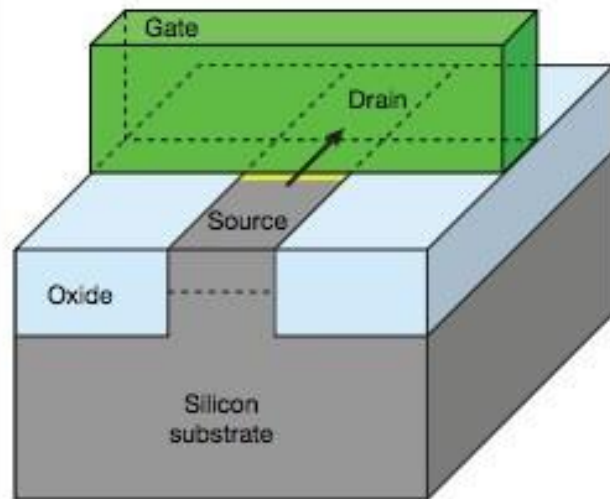
集成电路技术的发展趋势概述

(EP1) Moore's Law Challenges Below 10nm: Technology, Design and Economic Implications



Process/device innovation has always been an indispensable part of scaling

Planar FET



FinFET

